

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
14. Februar 2002 (14.02.2002)

PCT

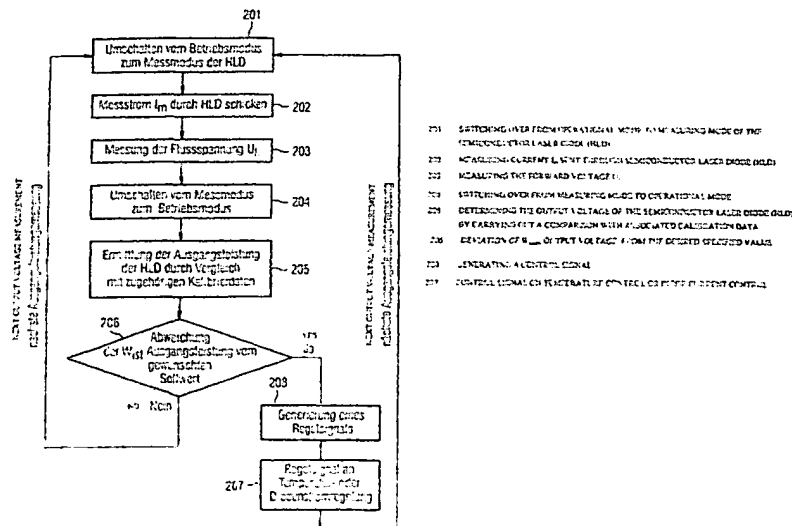
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/13340 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01S 5/00 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.-Martin-Strasse 53, 81669 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/02998 (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ALTHAUS, Hans-Ludwig [DE/DE]; Georgstrasse 12, 93138 Lappersdorf (DE). KUHN, Gerhard [DE/DE]; Am Bahnhof 11A, 93096 Köfering (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 8. August 2001 (08.08.2001) (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (74) Anwalt: MÜLLER, Wolfram, Hubertus; Maikowski & Ninnemann, Kurfürstendamm 54-55, 10707 Berlin (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (30) Angaben zur Priorität: 100 42 022.2 8. August 2000 (08.08.2000) DE (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING THE OUTPUT POWER OF A SEMICONDUCTOR LASER DIODE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG DER AUSGANGSLEISTUNG EINER HALBLEITERLASERDIODE



WO 02/13340 A2

(57) Abstract: The invention relates to a method and device for determining the output power of a semiconductor laser diode, which is operated with a diode current ( $I_d$ ). According to the invention, a defined measuring current ( $I_m$ ), which is less than the threshold current of the semiconductor laser diode (HLD) is conducted in a conducting direction through the semiconductor laser diode (HLD). The forward voltage ( $U_f$ ) decreasing over the semiconductor laser diode (HLD) is measured, and the temperature of the laser-active region of the semiconductor laser diode (HLD) is determined from the measured forward voltage ( $U_f$ ) by using at least one calibration curve. The invention makes a simple and precise determination of the output voltage possible without requiring an additional measuring device, for example, a monitor diode.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Ausgangsleistung einer Halbleiterlaserdioden, die mit einem Diodenstrom ( $I_d$ ) betrieben wird. Erfindungsgemäß wird ein definierter Messstrom ( $I_m$ ), der kleiner als der Schwellstrom der Halbleiterlaserdioden

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

-- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

---

(HLD) ist, in Durchlassrichtung durch die Halbleiterlaserdioden (HLD) geleitet, die dabei über der Halbleiterlaserdioden (HLD) abfallende Flussspannung ( $U_f$ ) gemessen und aus der gemessenen Flussspannung ( $U_f$ ) anhand mindestens einer Kalibrierkurve die Temperatur des laseraktiven Bereichs der Halbleiterlaserdioden (HLD) bestimmt. Die Erfindung ermöglicht eine einfache und präzise Bestimmung der Ausgangsleistung einer Halbleiterlaserdioden, wobei keine zusätzliche Messeinrichtung beispielsweise eine Monitordioden benötigt wird.

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Ausgangsleistung einer Halbleiterlaserdiode.

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Ausgangsleistung einer Halbleiterlaserdiode gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 8.

- 10 Es ist allgemein bekannt, dass die Ausgangsleistung und die Wellenlänge des Lichtes einer Halbleiterlaserdiode (HLD) temperaturabhängig sind.

- Insbesondere in der optischen Nachrichtentechnik ist es  
15 jedoch von entscheidender Bedeutung, dass Ausgangsleistung und Wellenlänge der Lichtpulse der eingesetzten Halbleiterlaserdiode in einem sehr engen Toleranzbereich so konstant wie möglich gehalten werden. In Systemen, die beispielsweise im sogenannten dichten Wellenlängenmultiplex-  
20 Verfahren (DWDM) betrieben werden, beträgt der Abstand zwischen den einzelnen Signalkanälen nur 0,8nm.

- Soll sowohl die Wellenlänge als auch die Ausgangsleistung des Lichtes der Halbleiterlaserdiode stabilisiert werden, müssen  
25 zwei Voraussetzungen erfüllt sein. Die erste notwendige Voraussetzung besteht darin, die Halbleiterlaserdiode mit einem konstanten Diodenstrom zu betreiben. Eine Verstimmung des Diodenstromes würde nicht nur zu einer Änderung der Ausgangsleistung, sondern auch zu einer Temperaturänderung des  
30 laseraktiven pn-Überganges führen und somit eine Verstimmung der Wellenlänge des Lichtes der Halbleiterlaserdiode nach sich ziehen.

- Daraus folgt direkt die zweite notwendige Voraussetzung, die  
35 Stabilisierung der Temperatur des laseraktiven Bereiches der Halbleiterlaserdiode.

Hierzu sind aus dem Stand der Technik verschiedene Regelungsverfahren bekannt.

Eine Möglichkeit besteht darin, die Temperatur der Halbleiterlaserdiode mit Hilfe eines Kaltleiters bzw. Temperatursensors zu bestimmen, der in der Nähe des Laserchips, etwa am Rand des Gehäuses der Halbleiterlaserdiode angeordnet ist. Das durch den Sensor erzeugte Signal kann dann beispielsweise zur Regelung eines Peltier-Elementes dienen, mit dem die Halbleiterlaserdiode in Wärmekontakt steht.

Der entscheidende Parameter ist jedoch die Temperatur des laseraktiven Bereiches der Halbleiterlaserdiode, die je nach Geometrie der Halbleiterlaserdiode und den thermischen Umgebungsbedingungen deutlich (z.B. bis zu 40°C) von der gemessenen Temperatur am Rande der Halbleiterlaserdiode abweichen kann. Der wesentliche Nachteil dieser indirekten Messmethode besteht darin, dass die Halbleiterlaserdiode bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen und Diodenströmen durchaus die gleiche Randtemperatur aufweisen kann. Im laseraktiven Bereich der Halbleiterlaserdiode können dabei aber durchaus unterschiedliche Temperaturen herrschen, so dass die Halbleiterlaserdiode bei gleichen Regelsignalen eine unterschiedliche Ausgangsleistung und Wellenlänge aufweist.

Ein weiterer Nachteil dieser Methode liegt darin begründet, dass sich nach einer Änderung der Temperatur des Peltier-Elementes das neue thermische Gleichgewicht der Halbleiterlaserdiode erst mit einer gewissen Zeitkonstanten einstellt. Aus diesem Grund unterliegt die Regelung dieser Zeitkonstanten, was insbesondere bei hochfrequent modulierten Halbleiterlaserdioden zu Problemen hinsichtlich der Stabilität der Temperaturregelung führen kann.

Eine weitere Möglichkeit der Temperaturregelung besteht darin, mit Hilfe einer Monitordiode die Ausgangsleistung

eines Teiles des emittierten Lichtes der Halbleiterlaserdiode zu kontrollieren. Ändert sich die Ausgangsleistung, so wird das gemessene Änderungssignal an eine Regelschaltung abgegeben. Diese Methode weist zwar den Vorteil auf, dass Änderungen der Temperatur des laseraktiven Bereiches ohne thermische Zeitkonstante an der Monitordiode detektiert werden können, ist aber in Abhängigkeit vom Betriebszustand des Lasers und vom angewendeten Modulationsverfahren technologisch aufwendig und teuer, da eine zusätzliche Messdiode optisch und elektronisch in das System integriert werden muss.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur einfachen und präzisen Bestimmung der Ausgangsleistung einer Halbleiterlaserdiode bereitzustellen, wobei keine Monitordiode erforderlich ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 8 gelöst. Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Danach sieht das erfindungsgemäße Verfahren vor, dass durch die Halbleiterlaserdiode, die mit einem definierten Diodenstrom betrieben wird, ein definierter Messstrom  $I_m$ , der kleiner ist als der Schwellstrom der Halbleiterlaserdiode, in Durchlassrichtung durch die Halbleiterlaserdiode geleitet, die dabei über der Halbleiterlaserdiode abfallende Flussspannung gemessen und aus der gemessenen Flussspannung anhand mindestens einer Kalibrierkurve die Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode bestimmt wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren schlägt einen neuen Weg bei der Messung der Ausgangsleistung einer Halbleiterlaserdiode ein, da die Bestimmung der Ausgangsleistung nicht über zusätzliche Messelemente, sondern über die physikalische Halbleitereigenschaft der Temperaturabhängigkeit der

Flussspannung der Halbleiterlaserdiode erfolgt. Dabei wird der physikalische Effekt ausgenutzt, dass sich die Flussspannung einer Halbleiterlaserdiode beim Betrieb mit einem in Durchlassrichtung fließenden konstanten Messstrom, der unterhalb des Schwellstroms liegt, mit der Temperatur des laseraktiven Bereiches der Halbleiterlaserdiode verändert. Mit der Temperatur verändert sich ebenfalls die Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode.

Die genaue Temperaturabhängigkeit der Flussspannung und somit auch die Abhängigkeit der Flussspannung von der jeweiligen Ausgangsleistung wird für eine Halbleiterlaserdiode individuell anhand aufzunehmender Kalibrierkurven bestimmt, wobei für eine Vielzahl unterschiedlicher Diodenströme jeweils eine spezifische Kalibrierkurve aufzunehmen ist. Diese Schar der für den Einsatz der Halbleiterlaserdiode notwendigen Kalibrierkurven wird bevorzugt bereits beim Modulhersteller ermittelt und in einer Speichereinrichtung des Moduls gespeichert.

Aufgrund des Umstandes, dass zusätzliche Messelemente wie Monitordioden zur Bestimmung der Ausgangsleistung nicht erforderlich sind, handelt es sich zusätzlich um eine einfache und kostengünstige Lösung.

Anhand der Daten aus der Schar von Kennlinien, die den Zusammenhang zwischen Flussspannung und Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode für eine Vielzahl verschiedener Diodenströme darstellen, kann allein durch Messung der Flussspannung die Ausgangsleistung des laseraktiven Bereiches der Halbleiterlaserdiode jederzeit präzise bestimmt werden.

Für die Messung der Flussspannung wird der Betrieb der Halbleiterlaserdiode bevorzugt unterbrochen. Die Unterbrechung ist kurz und beträgt typischerweise etwa eine Mikrosekunde. Während der Dauer der Unterbrechung liegt ein Messintervall vor, in dem lediglich der konstante Messstrom

durch die Halbleiterlaserdiode fließt und die dabei an der Halbleiterlaserdiode abfallende Flussspannung gemessen wird. Eine nur kurze Unterbrechung ist dabei sinnvoll, um zum einen die Datenübertragung nur kurz zu unterbrechen und zum anderen  
5 keine Abkühlung der Halbleiterlaserdiode aufgrund des unterbrochenen Betriebs herbeizuführen.

Die Unterbrechungen erfolgen bevorzugt in regelmäßigen Abständen. Der zeitliche Abstand solcher Messintervalle sollte  
10 sich dabei nach den Änderungsgeschwindigkeiten und Änderungswahrscheinlichkeiten der Umgebungstemperatur richten und kann zwischen ca. 1 Sekunde und mehr als einer Stunde liegen.

Es ist von Vorteil, wenn der verwendete Messstrom möglichst  
15 klein ist, d.h. im Bereich weniger Milliampere liegt, damit entstehende ohmsche Wärme nicht zu einer Verfälschung des Messergebnisses führt.

Die ermittelte Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode wird  
20 bevorzugt einer Steuereinrichtung zur Regelung der Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode als Regelgröße zugeführt. Die Regelung kann dabei abhängig von den jeweiligen technischen Anforderungen sowohl über den Diodenstrom als auch über eine extern veränderbare Temperatur der  
25 Halbleiterlaserdiode erfolgen.

Bei einer Regelung der Ausgangsleistung der mit einem ersten Diodenbetriebsstrom betriebenen Halbleiterlaserdiode mittels dessen Diodenstroms wird bei einer Abweichung des ermittelten  
30 Istwertes der Flussspannung und somit der zugehörigen Ist-Ausgangsleistung vom zugehörigen Sollwert aus der Schar der Kennlinien der neu einzuregelnde Diodenstromwert ermittelt, der bei der ermittelten Flussspannung dem gewünschten Sollwert der Ausgangsleistung entspricht.

35

Bei dieser Art der Regelung wird die Temperatur der Halbleiterlaserdiode nicht konstant gehalten, was zu

Schwankungen der Frequenz des emittierten Laserlichtes führen kann. Wenn die bei der vorangehend beschriebenen Regelung auftretenden Frequenzschwankungen nicht akzeptabel sind, ist es erforderlich, die Ausgangsleistung des emittierten Lichtes zusätzlich oder ausschließlich mittels der Temperatur der Halbleiterlaserdiode zu regeln. Dazu lässt sich die Halbleiterlaserdiode an eine Einrichtung zur Regelung der Temperatur beispielsweise an ein Peltier-Element koppeln. Das Peltier-Element wird dann derart angesteuert, dass bei einer Abweichung der Ist-Flussspannung von der Soll-Flussspannung, die bei einem fest eingestellten Diodenbetriebsstrom der gewünschten Ausgangsleistung entspricht, die Temperatur des Peltier-Elementes erhöht wird, um die ermittelte Flussspannung zu senken oder die Temperatur entsprechend gesenkt wird, um die ermittelte Flussspannung auf den Sollwert zu erhöhen.

In einer bevorzugten Ausgestaltung wird mittels der gemessenen Flussspannung und anhand einer Kalibrierkurve zusätzlich zu der Ausgangsleistung und/oder der Temperatur der Laserdiode die Wellenlänge des von der Laserdiode emittierten Lichtes ermittelt. So ist die Laser-Wellenlänge temperaturabhängig und kann über die Flußspannung und die darüber ermittelte Temperatur der Laserdiode die aktuelle Wellenlänge ermittelt werden.

Ebenso ist denkbar, das beschriebene Prinzip ausschließlich für die Regelung der Wellenlänge des emittierten Lichtes der Halbleiterlaserdiode einzusetzen. Dabei würden die Kennlinien entsprechend den Zusammenhang zwischen der ermittelten Flussspannung und der Frequenz des emittierten Lichtes bei einer Vielzahl von Diodenbetriebsströmen aufweisen.

Die erfindungsgemäße Messvorrichtung zur Bestimmung der Ausgangsleistung einer Halbleiterlaserdiode, die mit einem Diodenstrom betrieben wird, weist folgende Elemente auf:

a) Mittel zur Erzeugung eines definierten, konstanten



- Messstroms, b) Mittel zur Erfassung einer Flussspannung, die an einer Halbleiterlaserdiode abfällt, durch die der definierte Messstrom in Durchlassrichtung geleitet wird, und c) Mittel, die aus der gemessenen Flussspannung anhand
- 5 mindestens einer, für den Diodenstrom bevorzugt spezifischen Kalibrierkurve die Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode bestimmen. Die Messvorrichtung führt dabei das oben erläuterte Verfahren aus.
- 10 Bevorzugt weist die Messvorrichtung zusätzlich Steuermittel auf, die einen Laserbetrieb der Halbleiterlaserdiode unterbrechen und während der Unterbrechung die Mittel zur Erzeugung eines definierten, konstanten Messstroms aktivieren, so dass im Messintervall der Unterbrechung
- 15 Bestimmung der Ausgangsleistung über die Flussspannung der Halbleiterlaserdiode erfolgen kann. Die Steuermittel unterbrechen den Laserbetrieb der Halbleiterlaserdiode dabei bevorzugt periodisch.
- 20 Die bevorzugte Verwendung der Erfindung besteht darin, die ermittelte Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode als Ausgangsleistungs-Istwert einer Steuerschaltung zur Regelung der Ausgangsleistung und/oder der Wellenlänge des emittierten Lichts einer Halbleiterlaserdiode zuzuführen. Die
- 25 Steuerschaltung regelt dabei in vorangehend beschriebener Weise die Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung anhand eines Ausführungsbeispiels näher

30 erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 - schematisch eine Schaltungsanordnung mit einer Halbleiterlaserdiode;
- 35 Fig. 2 - ein Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung der Ausgangsleistung;

- Fig. 3a - schematisch drei Kalibrierkurven, die den Zusammenhang zwischen Flussspannung  $U_f$  und Ausgangsleistung bei drei unterschiedlichen Diodenströmen zeigen;
- 5 Fig. 3b - schematisch eine Kalibrierkurve, die den Zusammenhang zwischen Flussspannung  $U_f$  und Laserdiodentemperatur zeigt;
- 10 Fig. 3c - schematisch eine Kalibrierkurve, die den Zusammenhang zwischen Laser-Wellenlänge und Laserdiodentemperatur zeigt;
- 15 Fig. 4a - schematisch einen ersten zeitlichen Diodenstromverlauf einer Halbleiterlaserdiode bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- 20 Fig. 4b - schematisch einen zweiten zeitlichen Diodenstromverlauf einer Halbleiterlaserdiode bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- 25 Fig. 5a - schematisch den Aufbau einer ersten Ausführungsform einer Messvorrichtung zur Bestimmung der Temperatur des laseraktiven Bereiches einer Halbleiterlaserdiode;
- 30 Fig. 5b - schematisch den Aufbau einer zweiten Ausführungsform einer Messvorrichtung zur Bestimmung der Temperatur des laseraktiven Bereiches einer Halbleiterlaserdiode und
- Fig. 6a-6d - Diagramme zur Erläuterung des Verfahrens zur Regelung der Ausgangsleistung.
- 35 Figur 1 zeigt schematisch einen Schaltungsaufbau mit einer Halbleiterlaserdiode HLD, deren Ausgangsleistung bestimmt werden soll. Die Halbleiterlaserdiode HLD wird durch eine

regelbare Konstantstromquelle KS mit einem Diodenstrom  $I_d$  versorgt, wobei die Konstantstromquelle KS verschiedene Diodenströme  $I_d$  bereitstellen kann.

- 5 Bei der Halbleiterlaserdiode handelt es sich bevorzugt um eine VCSEL-Diode.

Bei der Bestimmung der Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode HLD fließt ein konstanter Messstrom  $I_m$   
10 in Durchlassrichtung durch die Halbleiterlaserdiode HLD. Dabei wird die über der Halbleiterlaserdiode HLD abfallende Flussspannung  $U_f$  gemessen.

Figur 2 zeigt die Verfahrensschritte bei der Durchführung des  
15 Messverfahrens. Wenn die Halbleiterlaserdiode HLD im Betriebsmodus ist, muss zunächst der Messmodus aktiviert werden, das heißt, der normale Betrieb der Halbleiterlaserdiode HLD wird unterbrochen und der Messstrom  $I_m$ , der kleiner als der Schwellstrom der Halbleiterlaserdiode  
20 HLD ist, in Durchlassrichtung durch die Halbleiterlaserdiode HLD geschickt (Schritte 201, 202). Daraufhin erfolgt die Messung der über der Halbleiterlaserdiode HLD abfallenden Flussspannung  $U_f$  (Schritt 203). Nach Beendigung dieser Messung, die beispielsweise eine Mikrosekunde dauert, wird die  
25 Diode HLD wieder mit dem Betriebsdiodenstrom  $I_b$  betrieben (Schritt 204).

Aus der gemessenen Flussspannung  $U_f$  wird anhand einer zuvor ermittelten Kalibrierkurve bzw. Kennlinie, die für den  
30 Betriebsdiodenstrom  $I_b$  spezifisch ist, die Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode ermittelt (Schritt 205). Die Kalibrierkurve gibt für den fest vorgegebenen Messstrom  $I_m$  und den definierten Betriebsdiodenstrom  $I_b$  die Flussspannung in Abhängigkeit von der Ausgangsleistung der  
35 Halbleiterlaserdiode an.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist gemäß Figur 2 in einen

Steuer- und Regelkreis zur Regelung der Laserausgangsleistung eines Halbleiterlaserdiode integriert. Dabei wird zunächst der ermittelte Istwert  $W_{ist}$  der Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode HLD mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen (Schritt 206). Liegt die Abweichung von Ist- und Sollwert innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches, so erfolgt zu gegebener Zeit eine erneute Messung der Ausgangsleistung, ohne dass ein Regelsignal erzeugt wird.

10 Liegt die Abweichung der gemessenen Ausgangsleistung außerhalb des Toleranzbereiches, so wird ein Regelsignal generiert, das beispielsweise den Diodenstrom und/oder die Temperatur der Halbleiterlaserdiode ansteuert (Schritte 207, 208). Danach werden die Verfahrensschritte des erfinderischen  
15 Verfahrens im nächstfolgenden Messintervall erneut durchlaufen.

Figur 3a zeigt beispielhaft drei Kalibrierkurven, die jeweils bei verschiedenen Betriebsdiodenströmen  $I_1$ ,  $I_2$  bzw.  $I_3$  den  
20 Zusammenhang zwischen der Flussspannung  $U_f$  und der Ausgangsleistung  $W_{out}$  der Halbleiterlaserdiode darstellen. Die gewünschte Soll-Ausgangsleistung  $W_{soll}$  ist bei den drei verschiedenen Diodenbetriebsströmen  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  jeweils gewährleistet, wenn bei die Flussspannung  $U_f$  die zugehörigen  
25 Werte  $U_1$ ,  $U_2$  bzw.  $U_3$  aufweist.

Die Krümmung der Kurven für konstante Stromwerte  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  beruht auf der Temperaturabhängigkeit der  $W_I$  (Leistung-Strom)-Kennlinie eines Lasers. Dabei nimmt die Leistung  $W$   
30 eines Lasers mit zunehmender Temperatur ab. Mit zunehmender Temperatur sinkt gemäß den Gesetzmäßigkeiten von Halbleitern auch die über der Halbleiterdiode abfallende Flussspannung  $U_f$ . Dementsprechend liegt bei zunehmenden Temperaturen eine geringere Flußspannung  $U_f$  vor, wie in Figur 3a dargestellt.

35

Die Darstellung der Figur 3a zeigt beispielhaft die Kalibrierkurven lediglich dreier verschiedener

Diodenbetriebsströme. Beim Modulhersteller werden jedoch eine viel größere Zahl von Kalibrierkurven für entsprechend mehr Diodenbetriebsströme aufgenommen und gespeichert. Dabei werden die Intervalle zwischen den unterschiedlichen Betriebsströmen zweckmäßigerweise so klein gewählt, dass sich dazwischen liegende Werte mit hinreichender Genauigkeit linear interpolieren lassen.

Die aufgenommenen Kalibrierkurven und die interpolierten Daten erlauben es, zu jeder ermittelten Flussspannung schnell und zuverlässig den zugehörigen Betriebsstrom zu ermitteln, um die gewünschte Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode zu erhalten.

Die Figur 3b zeigt die Temperatur  $T$  des laseraktiven Bereichs der Laserdiode in Abhängigkeit von der Flußspannung  $U_f$ . Unterschiedlichen Flußspannungen  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  entspricht dabei jeweils eine bestimmte Temperatur  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  der Laserdiode. Die zugehörige Eichkurve wird vor dem Betrieb des Lasers ermittelt und gespeichert.

Gemäß Figur 3c kann über die Temperatur der Laserdiode auch die Wellenlänge  $\lambda$  der Laserdiode erfaßt bzw. eingestellt werden. So ist die Wellenlänge  $\lambda$  einer Laserdiode eine Funktion der Temperatur, wobei in der Regel eine Wellenlängenänderung von 0,4 nm pro Kelvin auftritt. Somit kann mittels eine Kalibrierkurve, die die Abhängigkeit der Wellenlänge von der Temperatur angibt, und über die Flußspannung  $U_f$  die Wellenlänge  $\lambda$  der Laserdiode erfaßt bzw. kontrolliert werden.

Gemäß den Figuren 3a, 3b, 3c wird einer gemessenen Flussspannung  $U_3$  ein Strom  $I_1$  zugeordnet, um eine gewünschte Soll-Ausgangsleistung  $W_{\text{soll}}$  der Laserdiode zu erreichen. Gleichzeitig entspricht die Flussspannung  $U_3$  einer bestimmter Temperatur  $T_1$  der Laserdiode, die wiederum zu einer bestimmten Wellenlänge  $\lambda_1$  führt. Die Soll-Ausgangsleistung

liegt z.B. bei 1 mW und die Flußspannung bei 1,8 Volt.

Neben oder statt der Soll-Ausgangsleistung  $W_{\text{soll}}$  kann je nach gewünschter Anwendung auch die Wellenlänge geregelt werden.

5

Die verwendeten Kalibrierkurven ermöglichen es, trotz der komplizierten Abhängigkeit der Laserausgangsleistung  $W_{\text{out}}$  vom Laserdiodenstrom und von der Flußspannung, die wiederum von der Temperatur abhängig ist, eine einfache Regelung der  
10 Laserausgangsleistung durchzuführen.

Das Regelungsverhalten der Fig. 3a läßt sich auch in folgender Weise erklären. Über die Flußspannung  $U_f$  wird eine bestimmte Temperatur  $T$  der Halbleiterlaserdiode ermittelt,  
15 wozu beispielsweise eine zuvor ermittelte Eich- bzw. Kalibrierkurve verwendet wird, die die Temperatur des laseraktiven Bereichs der Laserdiode in Abhängigkeit von der Flußspannung  $U_f$  angibt. Der ermittelten Temperatur ist eine bestimmte  $W_I$ -(Leistung-Strom) Kennlinie des Lasers  
20 zugeordnet, wobei eine Schaar solcher Kennlinien vorhanden und in einer Steuereinrichtung gespeichert ist. Für die ermittelte Temperatur läßt sich mittels der zugehörigen  $W_I$ -Kennlinie und anhand des aktuellen Stroms die aktuelle Laserleistung  $W$  feststellen. Sofern der Wert der aktuellen  
25 Laserleistung  $W$  von einem Sollwert  $W_{\text{soll}}$  abweicht, wird der Laserdiodenstrom  $I_b$  entsprechend geändert.

Eine neue Messung ergibt nun eine aufgrund des geänderten Stroms geänderte Temperatur  $T$ , der eine andere  $W_I$ -Kennlinie  
30 des Lasers zugeordnet ist. Anhand dieser Kennlinie und des geänderten Stroms wird erneut die aktuelle Leistung  $W$  ermittelt und, sofern der Sollwert  $W_{\text{soll}}$  nicht vorliegt, erneut der Laserdiodenstrom  $I_b$  geregelt, etc., bis die Regelung zu der Soll-Ausgangsleistung  $W_{\text{soll}}$  geführt hat.

35

Dies ist in den Figuren 6a bis 6d schematisch dargestellt. Fig. 6a zeigt die Abhängigkeit der gemessenen Flußspannung  $U_f$

von der Temperatur  $T$  des laseraktiven Bereichs der Halbleiterdiode. Für einen bestimmten gemessenen Wert  $U_{fl}$  ergibt sich eine bestimmte Temperatur  $T_1$ . Dieser ist eine bestimmte  $W_I$ -Kennlinie zugeordnet (Fig. 6b), über die sich  
5 die aktuelle Laserleistung  $W_1$  ermitteln läßt. Eine Änderung des Diodenstroms  $I_b$  von  $I_1$  auf  $I_1'$  führt zu einer geänderten Temperatur  $T_1'$ , die über einen geänderten Wert  $U_{fl}'$  der Flußspannung ermittelt wird, und einer anderen  $W_I$ -Kennlinie, anhand der sich die geänderte Laserleistung  $W_1'$  bestimmen  
10 läßt (Fig. 6c, 6d), etc., bis die Regelung zu der gewünschten Soll-Ausgangsleistung  $W_{soll}$  geführt hat.

Über Kalibrierkurven gemäß Figur 3a werden diese Schritte zusammengefaßt, so daß zu jeder ermittelten Flußspannung  $U_f$   
15 sogleich der zugehörige Betriebsstrom  $I$  ermittelt werden kann, um die gewünschte Ausgangsleistung  $W_{soll}$  der Halbleiterlaserdiode zu erhalten.

In Figur 4a ist schematisch der zeitliche Verlauf des  
20 Diodenstromes  $I_d$  einer Halbleiterlaserdiode dargestellt, bei der die Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode wie oben beschrieben gemessen wird. Der Diodenstrom  $I_d$  ist während des Betriebsmodus gleich dem Diodenbetriebsstrom  $I_b$  und während der periodisch beabstandeten Messintervalle  $M$ , die jeweils einen  
25 Zeitraum  $T_m$  umfassen, gleich dem Messstrom  $I_m$ .  $I_b$  liegt dabei oberhalb des Schwellstroms der Halbleiterlaserdiode und  $I_m$  unterhalb des Schwellstroms. Der Zeitraum  $T_m$  beträgt typischerweise etwa eine Mikrosekunde. Der zeitliche Abstand zwischen den Messintervallen  $M$  richtet sich nach dem  
30 gegebenen Anwendungsfall und kann zwischen etwa 1 Sekunde und mehr als einer Stunde liegen.

In Figur 4b ist dargestellt, dass es ebenso gut möglich ist, die Messintervalle  $M$  nicht periodisch zu beabstanden. Die  
35 Auslösung einer Temperaturmessung könnte dabei beispielsweise durch äußeren Parameter ausgelöst werden.

Figur 5a zeigt den schematischen Aufbau einer ersten Ausführungsform einer Messvorrichtung zur Bestimmung der Ausgangsleistung einer Halbleiterlaserdiode. Es ist eine Vorrichtung 1 vorgesehen, die während eines Messintervalles M die über der Halbleiterlaserdiode HLD abfallende Flussspannung  $U_f$  erfasst.

Mit der Vorrichtung 1 ist eine weitere Vorrichtung 2 verbunden, die anhand der Daten einer vorgegebenen Kalibrierkurve aus der erfassten Flussspannung die Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode bestimmt. Es können weitere Kalibrierkurven vorhanden sein, etwa betreffend die Abhängigkeit der Wellenlänge von der Temperatur der Laserdiode bzw. der Flussspannung.

Die ermittelte Ausgangsleistung wird an eine nicht dargestellte Steuereinrichtung zur Regelung der Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode HLD geleitet, die abhängig von dem Istwert der Ausgangsleistung den durch die regelbare Konstantstromquelle KS bereitgestellten Diodenstrom  $I_d$  regelt und/oder eine an sowie eine Umschaltung zwischen Betriebsmodus und Messmodus vornimmt.

In Figur 5b ist eine zweite Ausführungsform einer Messvorrichtung dargestellt, die der in Figur 5a gezeigten Messvorrichtung weitestgehend entspricht. Gleiche Bauelemente sind daher mit gleichen Bezugszeichen versehen. Im Unterschied zu Figur 5a weist die Halbleiterlaserdiode (HLD) eine daran thermisch gekoppelte Temperaturregelungseinrichtung (3) auf, die ausschließlich oder zusammen mit einer Regelung des Diodenstroms dafür sorgt, dass die gewünschte Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode (HLD) erzielt wird. Eine derartige Temperaturregelungseinrichtung (3) ist insbesondere dann notwendig, wenn Anforderung besteht, die Frequenz des von der Halbleiterlaserdiode (HLD) emittierten Lichtes konstant zu halten.



- Die Vorrichtungen 1 und 2 sind funktionell zu verstehen und können als Software oder Hardware realisiert werden, wobei die Vorrichtungen auch in einer Einheit zusammengefasst oder als Teil der Steuereinrichtung zur Regelung der
- 5 Laserausgangsleistung und/oder der Wellenlänge des von der Halbleiterlaserdiode emittierten Lichtes ausgebildet sein können.

## Bezugszeichenliste

- |    |                                                     |
|----|-----------------------------------------------------|
| 1  | Vorrichtung zur Erfassung der Flussspannung         |
| 2  | Vorrichtung zur Bestimmung der Ausgangsleistung der |
| 5  | Halbleiterlaserdiode                                |
| 3  | Temperaturregelungseinrichtung                      |
|    | HLD Halbleiterlaserdiode                            |
|    | Im Messstrom                                        |
|    | Id Diodenstrom                                      |
| 10 | Ib Betriebsstrom                                    |
|    | Uf Flussspannung                                    |
|    | KS Konstantstromquelle                              |
|    | M Messintervall                                     |
|    | Tm Dauer des Messintervalls                         |
| 15 | Wout Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode      |

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsleistung (W) einer Halbleiterlaserdiode, die mit einem Diodenstrom ( $I_d$ )  
5 betrieben wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- a) ein definierter Messstrom ( $I_m$ ), der kleiner als der  
10 Schwellstrom der Halbleiterlaserdiode (HLD) ist, in Durch-  
lassrichtung durch die Halbleiterlaserdiode (HLD) geleitet,
- b) die dabei über der Halbleiterlaserdiode (HLD) abfallende  
Flussspannung ( $U_f$ ) gemessen und  
15
- c) aus der gemessenen Flussspannung ( $U_f$ ) anhand mindestens  
einer Kalibrierkurve die Ausgangsleistung (W) der Halbleiter-  
laserdiode (HLD) bestimmt wird.
- 20
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, dass eine Kalibrierkurve vorgesehen  
ist, die die Abhängigkeit zwischen der Flussspannung ( $U_f$ ) und  
der Ausgangsleistung ( $W_{out}$ ) der Halbleiterlaserdiode (HLD)  
25 bei konstantem Diodenstrom ( $I_d$ ) darstellt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch  
gekennzeichnet, dass die Flussspannung ( $U_f$ ) innerhalb  
30 zeitlicher Messintervalle gemessen wird, in denen der  
Laserbetrieb der Halbleiterlaserdiode (HLD) unterbrochen  
wird.

- 35 4. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprü-  
che, dadurch gekennzeichnet, dass ein möglichst ge-  
ringer, bevorzugt im Milliamperebereich liegender Mess-

18

strom ( $I_m$ ) verwendet wird.

5. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelte Ausgangsleistung ( $W$ ) der Halbleiterlaserdiode (HLD) einer Steuereinrichtung zur Regelung der Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode (HLD) zugeführt wird.

10

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Steuereinrichtung, wenn die Halbleiterlaserdiode mit einem ersten Diodenbetriebsstrom betrieben wird, bei einer Abweichung eines ermittelten Istwertes der Flussspannung von einem der gewünschten Ausgangsleistung entsprechenden Sollwert der Flussspannung anhand der Kalibrierkurven ein zweiter Diodenbetriebstrom ermittelt wird, der bei dem ermittelten Istwert der Flussspannung der gewünschten Ausgangsleistung der Halbleiterlaserdiode entspricht.

7. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der gemessenen Flussspannung ( $U_f$ ) und anhand einer Kalibrierkurve die Wellenlänge der Halbleiterlaserdiode ermittelt wird.

8. Messvorrichtung zur Bestimmung der Ausgangsleistung ( $W$ ) einer Halbleiterlaserdiode (HLD), die mit einem Diodenstrom ( $I_d$ ) betrieben wird,

gekennzeichnet durch

a) Mittel ( $K_S$ ) zur Erzeugung eines definierten, konstanten Messstroms ( $I_m$ ),

a) Mittel (1) zur Erfassung einer Flussspannung ( $U_f$ ), die an einer Halbleiterlaserdiode (HLD) abfällt, durch die der definierte Messstrom ( $I_m$ ) in Durchlassrichtung geleitet wird, und

5

b) Mittel (2), die aus der gemessenen Flussspannung ( $U_f$ ) anhand mindestens einer Kalibrierkurve die Ausgangsleistung ( $W$ ) der Halbleiterlaserdiode (HLD) bestimmen.

10

9. Messvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich Steuermittel vorgesehen sind, die einen Laserbetrieb der Halbleiterlaserdiode (HLD) unterbrechen und während der Unterbrechung die Mittel (KS) zur Erzeugung eines definierten, konstanten Messstroms ( $I_m$ ) aktivieren.

20 10. Messvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuermittel den Laserbetrieb der Halbleiterlaserdiode (HLD) periodisch unterbrechen.

25 11. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (2) eine Speichereinrichtung aufweisen, in der für eine Vielzahl von Diodenströmen ( $I_d$ ) spezifische Kennlinien zwischen Flussspannung ( $U_f$ ) und Ausgangsleistung ( $W$ ) gespeichert sind.

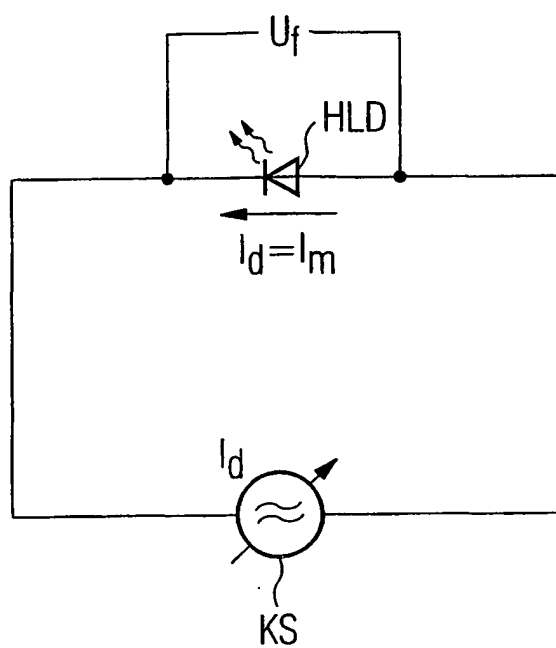
30

12. Messvorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Speichereinrichtung auch mindestens eine spezifische Kennlinie für die Beziehung zwischen Temperatur ( $T$ ) und Wellenlänge ( $\lambda$ ) der Laserdiode enthält.

35

1/6

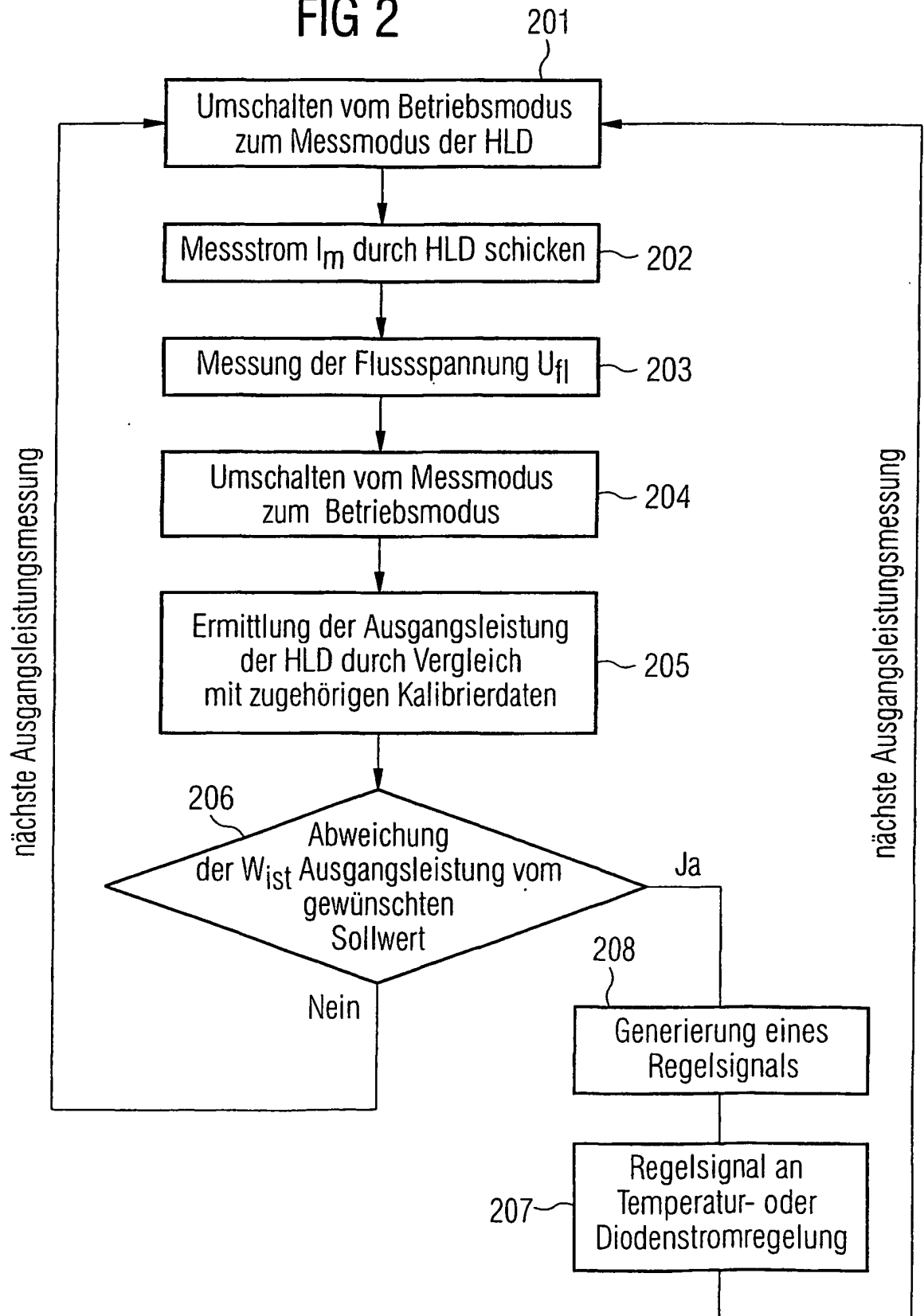
FIG 1



ERSATZBLATT (REGEL 26)

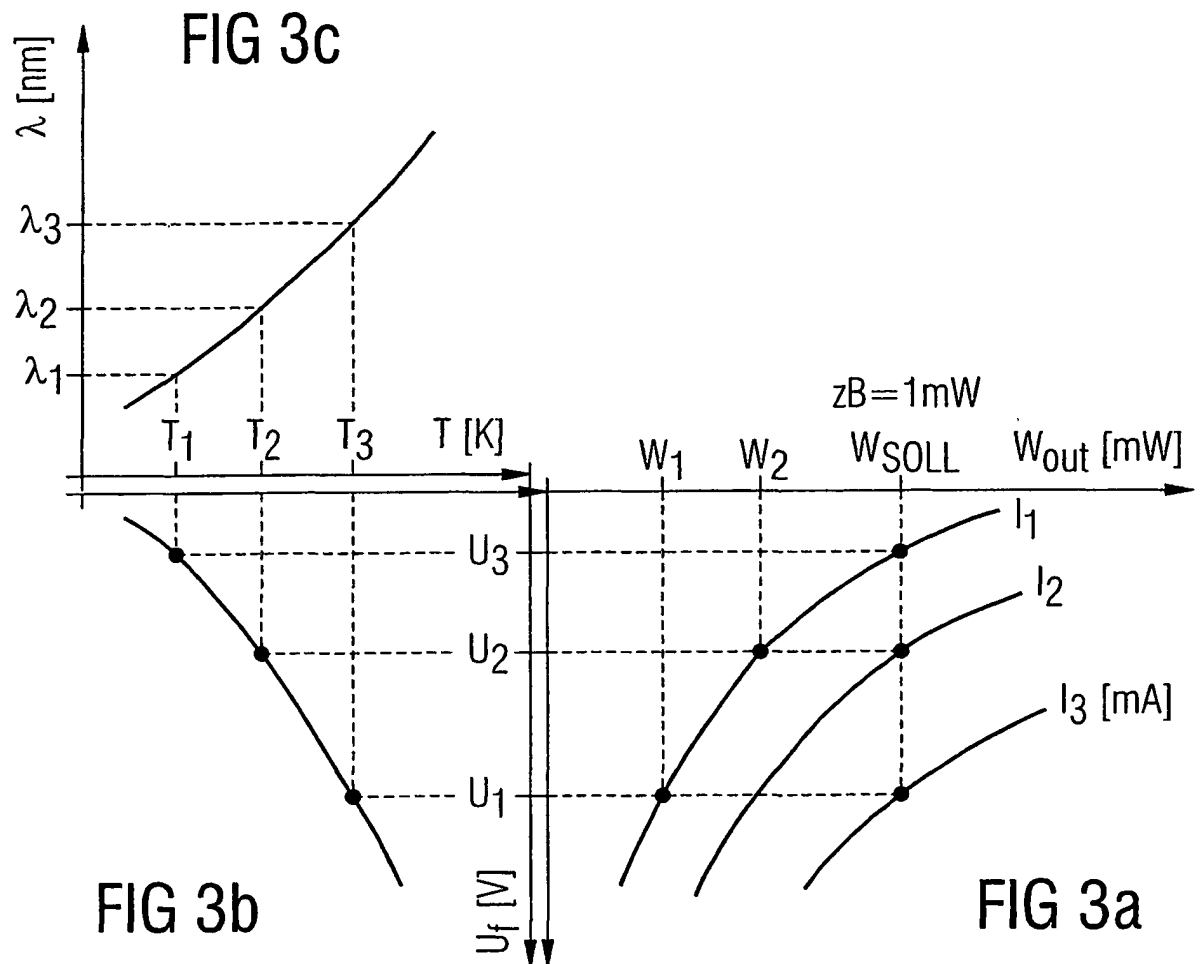
2/6

FIG 2



ERSATZBLATT (REGEL 26)

3/6



ERSATZBLATT (REGEL 26)



4/6

FIG 4a

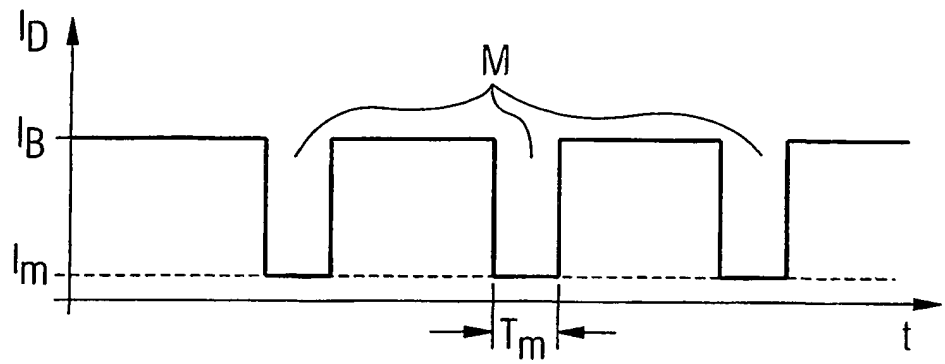
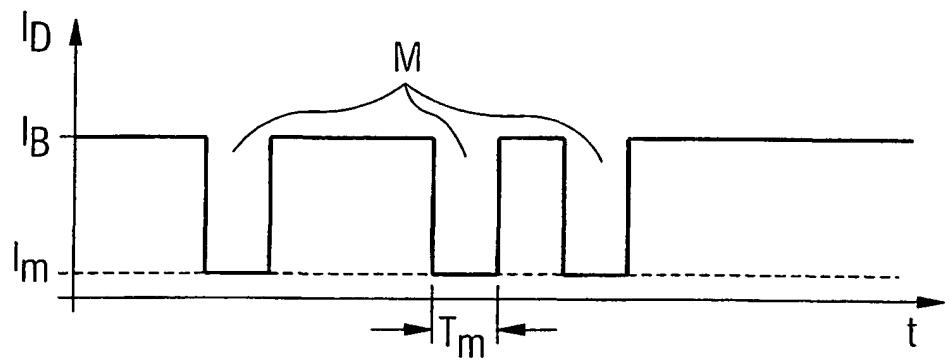


FIG 4b



ERSATZBLATT (REGEL 26)

5/6

FIG 5a

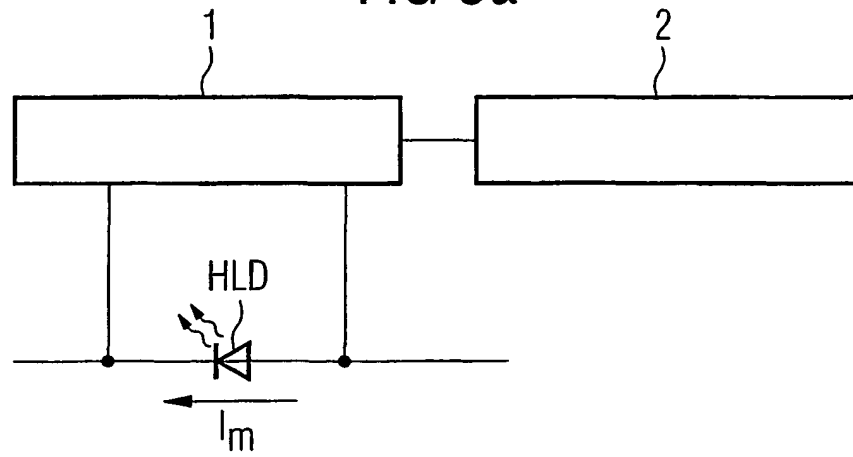
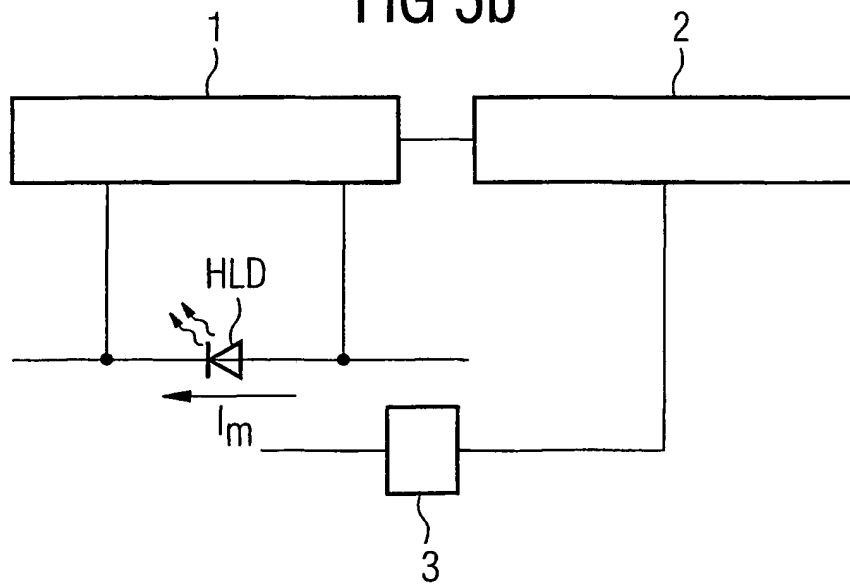


FIG 5b



ERSATZBLATT (REGEL 26)

6/6

FIG 6a

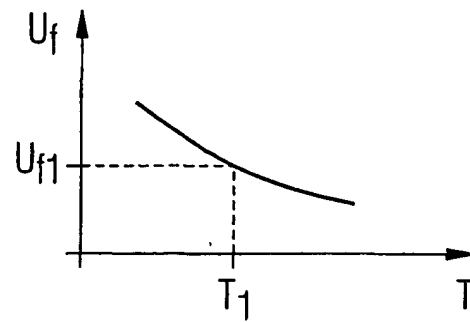


FIG 6b

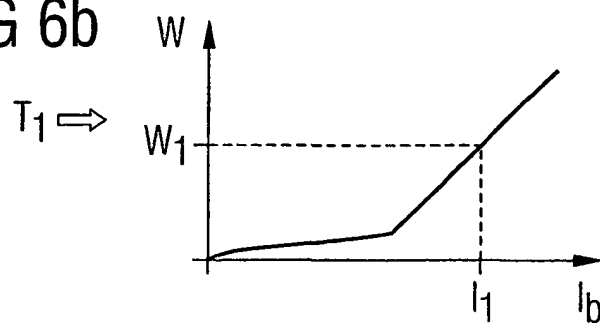


FIG 6c

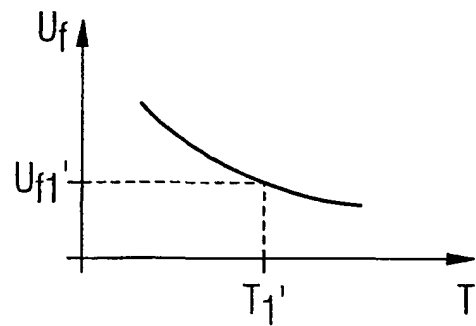
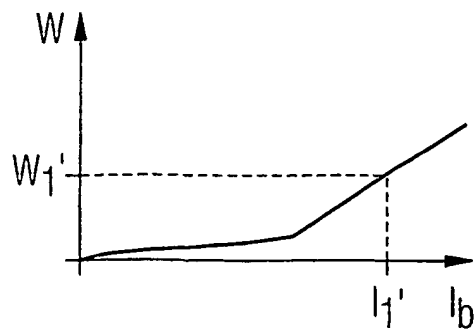
 $I_1 \rightarrow I_1' \Rightarrow$ 

FIG 6d

 $T_1' \Rightarrow$ 

ERSATZBLATT (REGEL 26)

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
14. Februar 2002 (14.02.2002)

PCT

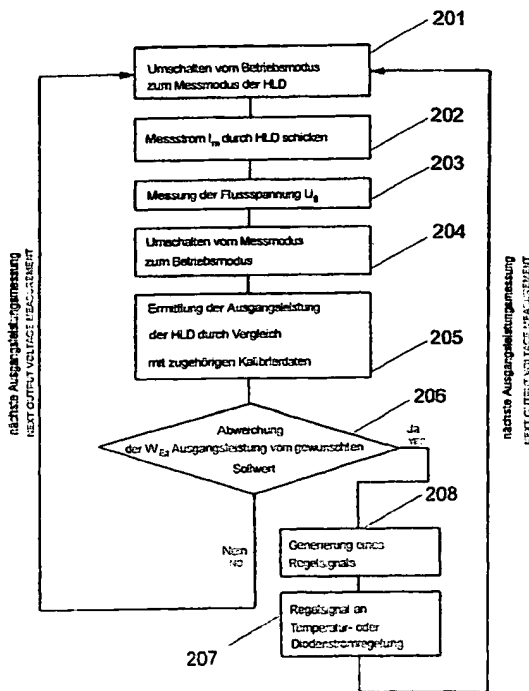
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/013340 A3

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01S 5/068 (72) Erfinder; und  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/02998 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ALTHAUS,  
Hans-Ludwig [DE/DE]; Georgstrasse 12, 93138 Lappers-  
dorf (DE). KUHN, Gerhard [DE/DE]; Am Bahnhof 11A,  
93096 Köfering (DE).  
(22) Internationales Anmeldedatum: 8. August 2001 (08.08.2001)  
(25) Einreichungssprache: Deutsch (74) Anwalt: MÜLLER, Wolfram, Hubertus; Maikowski &  
Ninnemann, Kurfürstendamm 54-55, 10707 Berlin (DE).  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.  
(30) Angaben zur Priorität: 100 42 022.2 8. August 2000 (08.08.2000) DE (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.-  
Martin-Strasse 53, 81669 München (DE).  
Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING THE OUTPUT POWER OF A SEMICONDUCTOR LASER DIODE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG DER AUSGANGSLEISTUNG EINER HALB-  
LEITERLASERDIODE



(57) Abstract: The invention relates to a method and device for determining the output power of a semiconductor laser diode, which is operated with a diode current ( $I_d$ ). According to the invention, a defined measuring current ( $I_m$ ), which is less than the threshold current of the semiconductor laser diode (HLD) is conducted in a conducting direction through the semiconductor laser diode (HLD). The forward voltage ( $U_f$ ) decreasing over the semiconductor laser diode (HLD) is measured, and the temperature of the laser-active region of the semiconductor laser diode (HLD) is determined from the measured forward voltage ( $U_f$ ) by using at least one calibration curve. The invention makes a simple and precise determination of the output voltage possible without requiring an additional measuring device, for example, a monitor diode.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Ausgangsleistung einer Halbleiterlaserdiode, die mit einem Diodenstrom ( $I_d$ ) betrieben wird. Erfindungsgemäß wird ein definierter Messstrom ( $I_m$ ), der kleiner als der Schwellstrom der Halbleiterlaserdiode (HLD) ist, in Durchlassrichtung durch die Halbleiterlaserdiode (HLD) geleitet, die dabei über der Halbleiterlaserdiode (HLD) abfallende Flussspannung ( $U_f$ ) gemessen und aus der gemessenen Flussspannung ( $U_f$ ) anhand mindestens einer Kalibrierkurve die Temperatur des laseraktiven Bereichs der Halbleiterlaserdiode (HLD) bestimmt. Die Erfindung ermöglicht eine einfache und präzise Bestimmung der Ausgangsleistung einer Halbleiterlaserdiode, wobei keine zusätzliche Messeinrichtung beispielsweise eine Monitordiode benötigt wird.

201 SWITCHING FROM OPERATING MODE TO MEASURING MODE OF THE  
SEMICONDUCTOR LASER DIODE (HLD)  
202 MEASURING CURRENT  $I_m$  THROUGH SEMICONDUCTOR LASER DIODE (HLD)  
203 MEASURING THE FORWARD VOLTAGE  
204 SWITCHING FROM MEASURING MODE TO OPERATING MODE  
205 DETERMINING THE OUTPUT POWER OF THE SEMICONDUCTOR LASER DIODE (HLD)  
BY COMPARISON WITH ASSOCIATED CALIBRATION DATA  
206 EVALUATION OF  $W_{E3}$  OUTPUT VOLTAGE FROM THE DESIRED SPECIFIED VALUE  
207 GENERATING A CONTROL SIGNAL  
208 CONTROL SIGNAL ON TEMPERATURE CONTROL OR DIODE CURRENT CONTROL

WO 02/013340 A3



(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen  
Recherchenberichts:

9. Januar 2003

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.*

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H01S5/068

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                   | Relevant to claim No. |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A          | US 5 414 280 A (GIRMAY K GIRMAY)<br>9 May 1995 (1995-05-09)<br>column 1, line 56-59<br>column 2, line 10 -column 3, line 18<br>---   | 1-12                  |
| A          | DE 36 03 548 A (VIDEOTON ELEKT VALLALAT)<br>2 October 1986 (1986-10-02)<br>page 4, line 32 -page 5, line 6<br>---                    | 1,8                   |
| A          | GB 2 224 374 A (PLESSEY CO PLC)<br>2 May 1990 (1990-05-02)<br>the whole document<br>---                                              | 1,12                  |
| P,X        | EP 1 039 597 A (SENSOR LINE GES FUER<br>OPTOELEKT) 27 September 2000 (2000-09-27)<br>column 12, line 12 -column 13, line 15<br>----- | 8,11                  |

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 January 2002

Date of mailing of the international search report

23/07/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jobst, B

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 01/02998

| Patent document<br>cited in search report |   | Publication<br>date | Patent family<br>member(s)                                                                   | Publication<br>date                                                              |
|-------------------------------------------|---|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| US 5414280                                | A | 09-05-1995          | DE 69404118 D1<br>DE 69404118 T2<br>EP 0660471 A2<br>JP 7202301 A                            | 14-08-1997<br>30-10-1997<br>28-06-1995<br>04-08-1995                             |
| DE 3603548                                | A | 02-10-1986          | HU 39871 A2<br>BG 46010 A3<br>DD 243147 A5<br>DE 3603548 A1<br>PL 258005 A1<br>SU 1530104 A3 | 29-10-1986<br>15-09-1989<br>18-02-1987<br>02-10-1986<br>21-10-1986<br>15-12-1989 |
| GB 2224374                                | A | 02-05-1990          | NONE                                                                                         |                                                                                  |
| EP 1039597                                | A | 27-09-2000          | DE 19912463 A1<br>EP 1039597 A2                                                              | 28-09-2000<br>27-09-2000                                                         |

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01S5/068

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                      | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| A          | US 5 414 280 A (GIRMAY K GIRMAY)<br>9. Mai 1995 (1995-05-09)<br>Spalte 1, Zeile 56-59<br>Spalte 2, Zeile 10 -Spalte 3, Zeile 18<br>---- | 1-12               |
| A          | DE 36 03 548 A (VIDEOTON ELEKT VALLALAT)<br>2. Oktober 1986 (1986-10-02)<br>Seite 4, Zeile 32 -Seite 5, Zeile 6<br>----                 | 1,8                |
| A          | GB 2 224 374 A (PLESSEY CO PLC)<br>2. Mai 1990 (1990-05-02)<br>das ganze Dokument<br>----                                               | 1,12               |
| P,X        | EP 1 039 597 A (SENSOR LINE GES FUER<br>OPTOELEKT) 27. September 2000 (2000-09-27)<br>Spalte 12, Zeile 12 -Spalte 13, Zeile 15<br>----- | 8,11               |

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Januar 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/07/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Jobst, B



| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument |   | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie                                                            | Datum der<br>Veröffentlichung                                                    |
|----------------------------------------------------|---|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| US 5414280                                         | A | 09-05-1995                    | DE 69404118 D1<br>DE 69404118 T2<br>EP 0660471 A2<br>JP 7202301 A                            | 14-08-1997<br>30-10-1997<br>28-06-1995<br>04-08-1995                             |
| DE 3603548                                         | A | 02-10-1986                    | HU 39871 A2<br>BG 46010 A3<br>DD 243147 A5<br>DE 3603548 A1<br>PL 258005 A1<br>SU 1530104 A3 | 29-10-1986<br>15-09-1989<br>18-02-1987<br>02-10-1986<br>21-10-1986<br>15-12-1989 |
| GB 2224374                                         | A | 02-05-1990                    | KEINE                                                                                        |                                                                                  |
| EP 1039597                                         | A | 27-09-2000                    | DE 19912463 A1<br>EP 1039597 A2                                                              | 28-09-2000<br>27-09-2000                                                         |